에지형 Back Light Unit의 휘도와 균일도 향상을 위한 복합도 광판 최적화

오세원¹ · 김 남^{1†} · 김은석² · 안준원³

¹충북대학교 정보통신공학과
Ⓢ 361-763 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12

²은성디스플레이㈜
Ⓢ 361-763 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12 학연산공동기술연구원 803호

³㈜엘엠에스
Ⓢ 451-862 경기도 평택시 진위면 청호리 진위 일반산업단지 33-2-5 블럭

(2010년 10월 11일 받음, 2010년 11월 16일 수정본 받음, 2010년 11월 29일 게재 확정)

본 논문에서는 에지 방식의 BLU(Backlight unit)에 사용되는 도광판의 구조를 최적화하여 광학시트를 줄이면서 휘도와 균일도 및 시야각을 유지하기 위한 이중구조의 도광판을 설계하고 시뮬레이션을 통해 휘도와 균일도를 알아보았다. 여기에 사용된 복합 도광판은 이중구조의 도광판으로 상부에는 곡률 R을 갖는 프리즘패턴을 형성하고 곡률 R에 따른 휘도와 균일도를 시뮬레이션하였다. 하부에는 V groove 패턴을 회전시켜 상부패턴과 90°를 이루게 하여 균일도를 확보하였다. 특히, 하부 패턴에서는 외곽의 피치 간격과 중심의 피치간격의 비(최대:최소), 패턴의 개수와 패턴의 분산을 정의할 수 있는 프로그램을 설계하여 V groove 사이의 간격을 결정하였다. 복합 도광판(dual-layer light guide plate, DLGP)의 최적화를 위해 다시 하부 패턴의 개수를 변화시켜 균일도를 알아보았다. 시뮬레이션 결과 복합 도광판을 이용한 BLU는 균일도 90.6%, 시야각 145°인 특성을 갖는 것을 확인하였다.

Optimization of the Dual-layer LGP for Improving Luminance and Uniformity of Edge Type Back Light Unit

Se-Won Oh¹, Nam Kim^{1†}, Eun-Suk Kim², and June-Won An³

¹Department of Information and Communication Engineering, Chunbuk University,
12 Gaesin-dong, Heungduk-gu, Cheongju 361-763, Korea

²Eunsung Display, 803 Industrial Technology Resaerch Park, 12 Gaesin-dong, Heungduk-gu, Cheongju 361-763, Korea

³LMS, 33-2-5 Bluck, Jinwi general industrial state, Cheongho-ri, Jinwi-myeon, Pyeontaek 451-862, Korea

(Received October 11, 2010; Revised manuscript November 16, 2010; Accepted November 29, 2010)

A dual-layer light guide plate (DLGP) was designed and a simulation was done to optimize the structure of the light guide plates used at backlight units while maintaining the luminance, uniformity and viewing angle by reducing the optical sheet. The characteristic of DLGP with prism pattern with curvature on the top surface is simulated and the luminance and uniformity are obtained. In order to improve the uniformity, the V groove prism pattern on the bottom surface was turned by an angle of 90°. In particular, we used the pitch calculation program to select the value of the ratio (Max : Min) between the pitch at the extreme outside and the pitch at the middle, the number of V groove lines and the variance at the bottom pattern of DLGP. After that, the optimum distance between V grooves was determined. For optimizing the DLGP, we examined the uniformity again by changing the number of pattern grooves on the bottom surface of DLGP. As a result of the simulation, we find that the BLU with DLGP has a uniformity of 90.6% and viewing angle 145°.

Keywords: Light guide plate (LGP), Backlight unit (BLU), V groove

OCIS codes: (120.2040) Displays; (150.2950) Illumination; (230.3720) Liquid-crystal devices

[†]E-mail: namkim@cbnu.ac.kr

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online.

I. 서 론

최근 텔레비전이나 모니터는 예전에 사용하던 브라운관(Cathode Ray Tube, CRT) 대신 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD)를 비롯한 평판 디스플레이가 사용된다. LCD의 장점은 소비전력이 적고 두께가 얇으면서 대형화가 가능하다는 것이다. TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 기존의 브라운관과 평판디스플레이인 PDP(Plasma Display Panel), OLED(Organic Light-Emitting Diode) 등과는 달리 LCD에 의한 표시는 그 자체가 비발광성이기 때문에 빛이 없는 곳에서는 사용이 불가능한 디스플레이 장치이다. 그래서 모든 LCD에는 화면 전체에 백색광을 공급하는 광원으로서는 발광체 부분인 BLU(Backlight unit)이 필요하다.^[1] LCD의 부품인 BLU는 초박형, 중량뿐만 아니라 디스플레이의 광 특성을 결정하는 등 전반적인 부분에 영향을 미치는 핵심 부품이다.^[2] 또한 LCD의 휘도 및 균일도를 조절하는 중요한 기능을 맡고 있으며, 구성요소로는 광원(Light Source)과 면광원 기능을 수행하는 도광판(Light Guide Plate, LGP), 시야각과 균일도 확보를 위한 여러 광학필름(Optical Film)들이 있다.^[3-5]

BLU는 빛의 조사방식에 따라 크게 도광판의 한쪽 또는 양쪽에 광원을 두고 이 광원에서 나온 빛을 도광판에서 위로 조명하는 에지방식(edge type)과 도광판 없이 BLU 바로 아래에서 조명하는 직하방식(direct type)으로 구분된다. 전자는 주로 중소형 모니터, 노트북, 모바일제품 등에, 후자는 대형 TV 등에 사용되었으나, LED의 발전으로 대형 TV에서도 에지방식의 BLU 채택이 늘어나고 있다. 그림 1은 일반적인 에지방식 BLU의 구조이다.

이러한 BLU에는 보통 다수의 LED(light emitting diode), 도광판, 도광판 하부에 설치되는 반사판(reflector) 그리고 도광판 상부에 설치되는 기능성 광학 소자인 확산판(diffusion plate)과 하나 또는 두 장의 프리즘 시트(prism sheet) 등의 부품으로 구성된다. 특히 조명광이 패널 측면으로부터 공급되기 때문에 측면에서 공급되는 광을 패널 전면으로 전환시킬 수 있는 광학소재로 만들어진 도광판이 필요하다. 프리즘 시트는 30% 이상의 휘도상승 효과를 나타내고, 정면 균일도를 향상시키는 장점을 갖고 있지만, 매우 고가이기 때문에 최근에는 LCD 제품에 대한 저비용, 박형화를 구현하기 위해서 이를 대체할 수 있는 새로운 형태의 광학 패턴을 도광판 위에 형성시키는 복합 도광판의 개발이 절실히 요구되고 있다.

FIG. 1. The structure of edge type BLU.

본 연구에서 현재 대형 TV 에지방식 BLU에 사용되고 있는 도광판의 균일도와 휘도를 향상시키기 위한 상부에 곡률을 갖는 프리즘 형태와 하부에 V groove 패턴을 갖는 이중 구조를 가지는 복합 도광판의 구조 설계에서 특성 파라미터를 고찰하고, 이를 적용하여 균일도가 개선된 도광판을 설계하였다.

II. 복합도광판패턴설계

그림 2(a)에 나타난 바와 같이 프리즘 시트를 2장 사용하는 BLU 구조가 있을 때 이중 1장의 프리즘 시트를 제거할

FIG. 2. The design of DLGP (a) The structure of DLGP (b) The pattern of DLGP on the bottom surface (c) The pattern of DLGP on the top surface (d) The processing of the prism pattern on the top surface.

수 있도록 도광판 표면에 프리즘 시트 형태로 구성하였다. 복합 도광판(Dual-layer Light guide plate, DLGP) 상부의 프리즘 패턴이 하부에서 온 빛을 집광시킬 수 있도록 패턴들의 사이를 최대한 없애고 연속적인 프리즘 형태를 이루도록 하였다. 하부의 V groove 구조는 특정 각도로 집광하기 쉬운 특성을 이용하여 빛의 진행방향에 따른 광량을 조절하였다. 복합도광판하부의 V groove 구조는 상부의 프리즘패턴과 90° 각을 이루도록 구성하였는데 복합 도광판의 상부와 하부패턴이 평행을 이룰 때 무아레 무늬(Moiré Pattern)가 생길 수 있는 확률을 배제하였고 이러한 평행 구조를 상쇄시킬 수 있는 가장 거리가 먼 직교 형태의 구성을 선택하였다.^[6] 이중으로 프리즘 구조와 V groove 구조를 갖는 복합 도광판 설계에서 상부와 하부에 서로 다른 패턴을 갖도록 설계하였다. 그림 2(b)는 도광판의 하부 패턴으로 일반적인 V groove 패턴 사이의 간격(pitch)을 조절함으로써 패널 전면으로 공급되는 광원의 균일도를 향상시킬 수 있는 구조를 도출하였다. 그림 2(c)는 도광판의 상부 패턴으로 프리즘 형태를 기초로 하고 있으나, 일반 프리즘 시트에서 발생하는 side lobe를 최소화 하고 이를 중앙부로 더욱 집광시키기 위하여 실린더형 렌즈의 형상을 갖는 이중 구조로 설계하였다. 상부 패턴은 이후에 언급할 상부 패턴의 최적화를 위해 곡률 반경 R 값을 바꾸는 과정이 필요하므로 제한된 R 값만을 제공하는 프로그램의 한계를 벗어나 다양한 R 값을 도출하기 위해 상부 패턴을 설계하였다. 그림 2(d)와 같이 원통형의 구조의 반을 잘라내고 또 이 반원통 구조의 양쪽 옆면을 잘라 삼각형의 꼭짓점 위치에 곡률을 갖는 프리즘 패턴을 설계하였다. 상부 패턴의 주요 특성 파라미터로는 프리즘의 밑변각이 45°, 피치가 50 μm 일 때 실린더형 렌즈의 곡률반경이며, 하부 패턴의 주요 특성 파라미터로는 V groove의 밑변각이 45°, 피치가 40 μm 일 때 균일도를 위한 피치 간격으로,^[7] 각각의 값을 변화시키면서 공간 휘도분포와 각 휘도분포를 고찰함으로써 휘도와 균일도 개선의 주요 파라미터와 최적의 설계조건을 결정하였다.

시뮬레이션에는 Light Tools 프로그램을 사용하였으며, 균일도 분포를 측정하기 위해 실제 TV의 크기로 실험을 해야 하나 이는 계산상의 부담을 가중시키므로 본 연구에서는 각 광학 소자의 상부와 하부 크기를 500 mm x 500 mm로 제한하였다. 또한, 광학필름의 소자로는 굴절률 1.51의 PMMA (polymethylmethacrylate)를 사용하였다.

III. 복합도광판패턴최적화

3.1. 복합도광판하부패턴최적화

복합 도광판 설계를 위해 에지방식의 BLU를 사용하였으며, 측면에서 입사되도록 반사판이 부착된 LED와 함께 BLU 아래부터 반사판, 이중 구조의 복합 도광판 그리고 확산판의 순서로 배열하였다. 각 광학 소자의 형상과 특성은 참고문헌과 실측값을 참고하여 설계하였으며,^[8, 9] 전체 크기는 패턴 형성에 따른 균일도만을 관찰하기 위해 가로세로 각각 500 mm

× 500 mm로 제한하였고, 굴절률이 1.51의 PMMA를 사용하였다.

확산판의 설계에는 상용 BLU에 사용되는 확산판의 광 분포를 측정한 후 이 결과와 유사한 성능을 갖도록 수지의 굴절률과 Bead의 밀도 값을 결정하였다. 광원으로는 균일한 휘도를 갖는 램버시안(Lambertian) 형태인 2 mm × 4 mm × 6 mm의 LED 120개를 균일하게 배열하여 사용하였으며, 가우시안 산란 분포를 갖는 반사판과 확산판의 두께는 각각 0.25 mm, 반사판으로부터 확산판까지의 전체 높이는 약 4.85 mm가 되도록 설계하였다. 이렇게 설계된 복합 도광판 패턴의 위치를 변형시키면서 시뮬레이션을 통해 그 결과를 분석하였다. 시뮬레이션을 시행하여 나온 Raw data를 바탕으로 Luminance mesh chart와 Angular luminance mesh chart를 이용하여 휘도와 균일도, 그리고 시야각을 산출하였다. 그림 3은 Light Tools 프로그램의 시뮬레이션에 사용하기 위해 본 연구에서 수행한 에지방식 BLU의 설계도면 일부분을 나타내었다.

에지형 BLU에 사용될 복합 도광판 패턴의 설계에서 하부 패턴의 피치 간격을 임의로 조정하기 위한 프로그램을 개발하여 설계에 적용하였다. 제작된 프로그램은 식 (1)로 표현되는 가우시안 분포곡선을 이용하였다.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

V groove 사이 간격 비는 공간적으로 역가우시안 분포의 형태를 가지며, 이는 가우시안 분포 곡선의 상대값을 최대 1로 하여 최소값과 분산값을 조절하여 복합 도광판 하부에 배치되는 V groove 사이의 간격비를 조절함을 뜻한다.

시뮬레이션에는 양쪽 최외곽에 분포한 V groove 간격과 중심부에 존재하는 V groove 간격의 비를 정의하는 최대:최소값, 패턴의 수를 정의하기 위한 라인 수, 그리고 각 패턴 사이의 간격 조정을 위한 분산 값을 적용하여 최적의 균일도를 알아보았다. 그림 4(a)는 임의의 라인 수 1,650인 경우, 최대값 1에 대한 상대적 최소값을 0.2씩 바꾸면서 시뮬레이션에 적용된 V groove의 피치 간격을 나타내는 것으로 상대적 최소값 0은 피치 간격이 없는 것을 뜻하므로 실제 설계에서는 V groove가 인접하도록 0.05 값을 적용하였다.

FIG. 3. The design of edge type BLU.

(a)

(b)

FIG. 4. The varies of Max : Min value(a)The ratio of the V groove pitch distance(b)The luminance distribution by the varies of Max : Min value.

그림 4(b)는 피치의 최대:최소 값 변화에 따른 휘도 분포 결과이다. 결과 그래프에서 알 수 있듯이 균일한 패턴간격을 갖는 1:1의 경우 중심부의 휘도가 급격히 감소하는 가우시안 분포를 형성하며, 1:0.05 값으로 갈수록 양 끝 쪽의 휘도는 감소하면서 중심 부근의 휘도가 상승하는 결과를 볼수있다. 따라서 이후의 시뮬레이션에서는 균일도가 가장 우수한 1:0.05의 최대:최소 값을 피치 계산용 프로그램에 적용하여 다음 파라미터에 대한 시뮬레이션을 진행하였다. 여기서 가우시안 분포에 사용되는 분산 값은 0.3으로 설정하였다.

그림 5는 분산 0.3, 최대:최소 값 1:0.05로 고정된 후 샘플 별 전체 패턴의 개수를 1,000부터 2,250까지 250개씩 변화시켜 적용한 경우의 휘도에 관한 시뮬레이션 결과이다. 결과를 보는 것처럼 최소 패턴의 개수 1,000개인 경우 중심 휘도가 높고 양끝 쪽의 휘도가 낮은 반면, 패턴의 개수가 증가할수록 중심 휘도는 감소하고 양 끝 쪽의 휘도가 증가하여 균일도가 높아짐을 볼 수 있다. 패턴의 개수가 일정 수 이상이 되면 중심 휘도는 떨어지고 양쪽 끝으로 치우치는 경향이 나타나므로 적정라인의 개수를 선택하는 것이 요구되었다. 시

FIG. 5. The luminance distribution by the varies of line's number.

(a)

(b)

FIG. 6. The variance varies (a) The ratio of the V groove pitch distance (b) The luminance distribution by the variancevaries.

뮬레이션 결과 중심과 양 쪽 끝의 휘도 값이 비슷하게 나와 가장 높은 균일도를 이루는 패턴의 수는 1,750개 임을 확인할 수 있었다.

그림 6(a)는 최대:최소 값 1:0.05, 라인 수 1,750인 경우 분산 값을 변화시켰을 때의 상대적 피치 계산결과 이다. 본 계산에서 얻은 결과는 식 (1)의 가우시안 분포곡선의 분산 값

을 바꾸어가며 얻은 것으로, 이 값을 변화시키므로써 최외곽에서 중심으로 이어지는 V groove의 피치 간격의 비를 조절할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 그림 6(a)에 나타나 있듯이 분산 값이 작으면 중심 부근에서의 피치 변화가 크고, 분산 값이 크면 외곽에서의 피치 변화가 큼을 의미한다. 그림 6(b)의 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 휘도분포는 분산 값이 클수록 균일하며, 작을수록 중심 휘도가 감소하고 양쪽 끝의 휘도가 증가함을 볼 수 있었으며, 최적의 분산값은 0.39로 확인되었다. 이를 이용하여 복합 도광판 하부패턴을 시뮬레이션한 결과 그림 7(a), (b)와 같은 결과를 얻었다. 그림 7(a)는 래스터 도표를 이용하여 휘도를 표현한 그림이다. 전방 시뮬레이션의 결과를 보면 중앙부의 휘도가 x좌표의 ± 200 mm 위치에서의 휘도보다 낮은 것을 확인할 수 있다. 또한, 휘도 스펙트럼에서 5000~5500 lux 주변에 집중되어 있었으며 스펙트럼이 넓게 나타나 밝기가 고르지 못함을 확인할 수 있다. 그림 7(b)는 하부 패턴을 최적화시켰을 때 얻은 각 휘도 분포이다. 파란색(90_deg) 폐곡선은 좌우 시야각에 관한 것으로 약 135°의 시야각을 가지는 것을 알 수 있고 빨간색(180_deg) 폐곡선은 상하 시야각을 표현한 것으로 상부의 시야각에서 약간 고르지 못한 것을 확인할 수 있었다. 이

때 균일도는 82%를 나타내었다.

3.2. 복합도광판상부패턴최적화

하부 패턴 최적화 시뮬레이션을 통해 500 mm 길이의 도광판 구조에서 패턴의 수 1,750개, 최대:최소 피치 간격 비 1:0.05, 그리고 분산 값 0.39인 경우 균일도 82%, 시야각 140°를 갖는 V groove 하부 패턴을 최적화하였다. 이 값을 기초로 상부의 변형된 프리즘 패턴을 이용하여 전체 이중구조를 갖는 복합 도광판 패턴을 최적화하였다.

복합 도광판의 상부 패턴을 최적화 하고 향상된 특성을 알아보기 위해 하부 패턴 최적화에 사용했던 파라미터와 같게 하였다. 에지방식의 BLU를 선택하였으며 반사판이 부착된 LED와 함께 반사판, 이중 구조의 도광판, 그리고 확산판의 순서로 배열하였고 전체크기는 가로세로 각각 500 mm × 500 mm로 하였다. 광원 또한 LED 120개를 균일하게 배열하였으며 가우시안 산란 분포를 가지는 반사판과 확산판의 두께는 각각 0.25 mm, 반사판으로 부터 확산판까지의 전체 높이는 약 4.85 mm가 되도록 설계하였다. 하부 패턴과 상부 패턴은 서로 90° 교차되도록 설계하여 균일도를 높이하고자 하였다. 이렇게 설계된 복합 도광판 패턴의 하부는 앞에서 얻은 최적 시뮬레이션 값을 그대로 적용하였으며, 상부의 프리즘 패턴의 모양을 변형시키면서 시뮬레이션을 통해 그 결과를 분석하였다. 시뮬레이션을 시행하여 얻은 결과를 바탕으로 luminance mesh chart와 angular luminance mesh chart를 이용하여 휘도와 균일도, 그리고 시야각을 산출하였다.

제안된 복합 도광판은 참고문헌을 참고하여 설계하였으며,^[7] 패턴의 일정 부분을 프리즘 형태로 유지시키면서 상부에 곡면을 형성시킴으로써 프리즘 시트의 단점인 side lobe 성분을 정면으로 모아 휘도 상승과 균일도 및 시야각을 확보하는 곡률반경 R을 갖는 복합 도광판을 설계하였다. 주요 시뮬레이션 파라미터로는 최적화된 하부 V groove 패턴의 수 1,750개, 분산값 0.39, 최대:최소 피치간격 비 1:0.05에 대해 상부에 형성된 피치 50 μm 의 프리즘에 곡률반경 R을 주면서 휘도와 균일도를 중심으로 관찰하였다.

그림 8에 상부 프리즘 패턴의 곡률반경 R에 따른 휘도 분포곡선을 나타내었다. 이 결과를 통해 피치 50 μm 의 프리즘 형상의 패턴에 곡률을 크게 할수록 휘도와 균일도가 상승함을 볼 수 있으며, 이는 side lobe 성분이 전면 휘도를 높이는 결과임을 보여주고 있다. 본 시뮬레이션을 통해 피치 50 μm 인 프리즘의 곡률반경이 17.7 μm 인 경우, 피치가 50 μm 인 일반 프리즘 시트보다 휘도는 약 14%, 균일도는 3.3% 상승하였다. 사용된 조명광학용 설계 프로그램에서 피치 50 μm 인 프리즘에 대한 최대 곡률값 17.7 μm 가 최적의 조건으로 나타났지만, 실제 제작에 있어서 R이 클수록 우수한 특성을 나타낼 수 있는 것으로 기대한다.

조명광학용 설계 프로그램에서 피치 50 μm 인 프리즘에 대한 최대 곡률값 17.7 μm 인 경우 휘도와 균일도 측면에서 상승효과를 나타내었지만, 중심 영역의 휘도가 다소 높은 특성을 나타내었다. 그림 5에서 하부의 V groove 패턴의 개수가

FIG. 7. The simulation result using DLGP's bottom patterns(a) The spatial luminance distribution of the V groove pattern(b) The angular luminance distribution of the V groove pattern.

FIG. 8. The luminance distribution by the curvature R of the prism pattern on the top plate.

FIG. 9. The luminance distribution by the number of V groove pattern on the bottom plate.

Table 1. The uniformity by the number of the V groove pattern

Sample No.	Uniformity
1,750	81.5%
1,800	88.7%
1,850	90.6%

많아질수록 중심 휘도가 낮아지는 특성을 이용하여 균일도를 향상 시키기 위해 하부 패턴의 개수를 증가시키면서 균일도의 변화를 고찰하였다. 그림 9에 하부 V groove 패턴의 수를 1,750~1,850까지 50개씩 변경된 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 하부 V groove 패턴의 수가 증가할수록 중심 영역의 휘도는 감소하고, 측면 휘도는 상승함을 볼 수 있다. 이 결과를 바탕으로 균일도를 계산한 결과가 표 1에 나타나 있다. 전체 균일도는 하부 V groove 패턴의 수가 증가할수록 상승함을 나타내고 있으며 패턴의 수가 1,800개 일 때 균일도가 88.7%, 1,850개일 때 90.6%로

FIG. 10. The simulation result of DLGP(a) The spatial luminance distribution of DLGP (b) The angular luminance distribution of DLGP.

매우 높은 균일도를 가지는 결과를 나타내었다.

이상의 결과를 바탕으로 복합 도광판 패턴의 최적화된 결과를 알아보기 위해 500 mm × 500 mm 크기의 도광판 하부에 최대:최대 피치 간격 비가 1:0.05이고, 분산값 0.39를 갖는 1,850개의 V groove 패턴을 분포시키고, 상부에 곡률반경이 17.7 μm 인 프리즘을 피치 간격 50 μm 로 배열시켜 균일도와 시야각을 확인하였다. 복합 도광판 상부패턴의 최적화 시뮬레이션결과를 그림 10(a), (b)와 같은 결과를 얻었다. 그림 10(a)의 전방 시뮬레이션 결과를 보면 전체적으로 고른 휘도 분포를 확인할 수 있다. 또한, 휘도 스펙트럼 그래프에서는 휘도가 6000 lux 부근에 집중되어 있어 그림 7(a)의 결과와 비교했을 때 휘도와 균일도가 향상되었음을 알 수 있었다. 하지만, 오른쪽의 가장자리 부근에서 약간의 이상 휘도 값 때문에 휘도 스펙트럼 그래프에서 낮은 휘도 분포가 일부 나타나기도 하였다. 이는 그동안의 실험 결과를 바탕으로 휘도가 낮은 부분에 V groove의 패턴의 수를 약간 더 늘리는 방법으로 간단히 없앨 수 있을 것이다. 그림 10(b)는 하부를 포함한 복합 도광판의 상부 최적화를 수행하였을 때의 각 휘도 분포를 나타내었다. 파란색(90_deg) 폐곡선은 그림 7(b)와 마찬가지로 좌우 시야각을 표현한 것으로 약 145°의 시야각을 확보할 수 있었다. 또한, 상하 시야각(180_deg)의 경우, 복합

도광판 하부의 최적화만 수행하였을 때의 결과 그림 7(b)와 비교해 보면 상하 시야각이 더욱 고르게 분포하는 것을 확인하였다. 이로써 복합 도광판의 상부, 즉 곡률 반경 R을 갖는 프리즘 패턴까지 최적화를 마쳤을 경우 중심부에 빛을 더 공급해 주어 그전에 도광판의 전면부에 낮았던 휘도와 전체 균일도를 향상시키는데 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다. 시뮬레이션 결과에서 보듯이 시야각이 10°, 균일도가 8.6% 증가하므로 우수한 특성을 갖는 이중 구조의 복합 도광판이 설계되었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 현재 많이 사용되는 에지방식 BLU에 사용되고 있는 도광판의 구조에 대해 시뮬레이션 모델을 수립한 후, 균일도와 휘도를 향상시키기 위해 도광판의 상부 면에 곡면을 가지는 프리즘 패턴과 하부 면의 V groove 패턴 파라미터를 고찰하였고, 무아레 무늬(Moiré Pattern)가 생길 확률을 줄이기 위해 교차시켰으며 이를 시뮬레이션에 적용하여 휘도와 균일도가 개선된 도광판을 설계하였다. 개선된 도광판을 위해 도광판 하부의 V groove의 패턴의 크기와 모양을 결정할 후 가우시안 분포 곡선을 적용한 피치계산 프로그램을 이용하여 하부 패턴의 최대:최소 비, 라인 수 그리고 분산 값을 구하였다. 시뮬레이션 결과 500 mm × 500 mm 구조에서 패턴의 수 1,750개, 최대:최소 피치 간격 비1:0.05, 그리고 분산값이 0.39인 도광판 하부의 최적값을 구하였으며 이때 시야각은 135°, 균일도는 82%임을 확인하였다. 이 최적값을 적용한 도광판을 가지고 상부패턴을 최적화하기 위해 피치 50μm인 프리즘에 곡률반경의 값을 바꾸어가며 시뮬레이션을 실행하였다. 상부의 곡률값이 최적값에 도달했을 때 그래프 특성상 중심 부근의 휘도가 상승함을 볼 수 있었으며, 이를 균일하게 만들 수 있는 방법을 모색하였다. 도광판의 상부와 하부의 각각의 최적값을 찾았지만 이 둘의 상관관계에 의해 최종적으로 얻는 휘도와 균일도에 영향을 준다고 판단하여 다시 하부의 파라미터를 이용한 최적화 과정을 수행하였다. 하부의 피치 개수-휘도 시뮬레이션 결과에서 피치 개수가 많아질수록 도광판 중심부의 휘도가 떨어지는 특성(그림 5)을 이용하여 하부 패턴의 수를 점차 늘려 봄으로써 1,850개의 최적값을 구할 수 있었으며 시야각은 145°, 균일도는 90.6% 결과를 얻었고 하부만 최적화시킨 것과 비교하여 시야각은 10°, 균일도가 8.6% 증가한 것을 알 수 있었다.

이를 통해 균일도와 휘도를 향상시키기 위한 복합 도광판 하부의 V groove 패턴의 개수를 정의할 수 있었으며 이 패턴이 동일한 수만큼 있더라도 등간격 보다는 역가우시안 분포 형태처럼 중앙으로 갈수록 간격이 줄어들 때, 또 하부에서 위치에 따른 V groove 패턴의 분산 정도에 따라 균일도와 휘도를 높일 수 있는 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 기존 삼각형 형태 프리즘 패턴의 꼭짓점에서 발생할 수 있는 side lobe를 곡률을 갖는 프리즘 패턴이 렌즈 기능을 하여 집광시켜줌으로써 균일도와 휘도를 높이는데 유리함을 알 수 있었

다. 이처럼 곡률 반경의 크기와 V groove 패턴의 위치 변화를 통한 복합 도광판을 설계함으로써 기존의 삼각형 프리즘 형태와 등간격의 V groove 패턴을 가지는 비슷한 형태의 복합 도광판과 견주어 볼 때 특성이 더 나은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 전형적인 BLU 구조보다 프리즘 시트를 줄이고 한 번의 사출 성형을 통해 복합 도광판을 만들어 BLU 제작 비용이 감소하여 가격 경쟁력을 갖출 수 있으며 박형화에 도움을 줄 수 있다.

본 논문에서는 에지 방식의 BLU에 사용되는 도광판의 구조를 최적화하여 광학 시트를 줄이면서도 휘도와 균일도 및 시야각을 유지하기 위한 복합 도광판을 설계하고 시뮬레이션을 통해 휘도와 균일도를 알아보았다. 이상의 결과는 실제 상용화되어 이용되는 BLU 구조를 단순화시킨 모델을 가지고 시뮬레이션을 수행하여 얻어진 결과이므로, 실제 BLU 구조에도 상관 관계를 가지므로 본 논문의 데이터가 보다 실질적인 설계의 방향을 제시 할 것으로 본다. 더욱 정밀하고 정확한 설계기준은 실제 BLU 구조에 대한 실험을 검증한 후에 시뮬레이션과 실험 결과 사이의 상관성을 도출해야 할 것이다.

감사의글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가원 전략기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

1. Y. S. Kim and S. Lim, "Design of high uniformity LED backlight," SID International Symposium Digest of Technical Papers **36**, 1321-1325 (2005).
2. Y. E. Ryu, T. H. Kim, S. G. Kim, Y. H. Seo, T. J. Jae, and D. S. Choi, "A study on the manufacturing of micro-patterned light guide," in *Proc. Korea Soc. Pre. Eng. 2006* (Gyeongju Kyoyuk Munhwa Hoekwan, Gyeongju, Korea, 2006), pp. 534-535.
3. M. Anandan, "LCD backlighting," Society for Informational Display Seminar Lecture Notes, 169-250 (2002).
4. K. Kalantar, "Optical design of light-guide plates for illumination systems used in mobile phones and PDAs," Asia display, IDW 2001, 517-520 (2001).
5. D. M. Brown, R. Dean, and J. D. Brown, "LED backlight design, fabrication, and testing," *Proc. SPIE* **3938**, 180-187 (2000).
6. Y. M. Lee, J. H. Lee, and E. C. Jeon, "A study on an integrated guide plate," *J. Opt. Soc. Korea* **21**, 53-60 (2010).
7. M. Y. Shin, E. S. Kim, N. Kim, Y. S. Sim, and J. W. Ahn, "Design of optical film for enhance the brightness in direct type BLU," in *Proc. KSPE Annual Meeting* (Ramada Jeju Hotel, Korea, Jun. 2009), pp. 1043-1044.
8. K. M. Choi, MSC thesis, "A study on the luminance improvement sheet in LCD BLU," Kookmin University (2004).
9. S. Y. Jang, J. H. Cho, and S. S. Baek, "New BLU sheet with linear arrays of deformed bar prism for direct backlight unit," *J. Opt. Soc. Korea* **18**, 401-409 (2007).